

Лекція № 1

Тема: “Система керування рухами. Рухові рефлексії”.

План:

1. Моторний рівень кіркового керування рухами.
2. Кільцеве керування рухами (теорія сенсорних корекцій).
3. Рухові програми.
4. Координація рухів.
5. Типи рухів. Класифікація рухових рефлексів.

1. Керування рухами у людини забезпечується багаторівневою рефлексорною системою, яка сформувалася в процесі еволюції нервової системи. Найвища, керуюча роль в управлінні рухами належить кірковому рівню, вчасності руховій моторній корі, що знаходиться в передній області центральної звивини. “Вихідні клітини” моторної кори – пірамідні клітини – дають початок основному нисхідному кірковому руховому тракту – пірамідному тракту, через який кора здійснює керування моторною системою на всіх рівнях: підкірковому (підкіркові рухові ганглії великого мозку - стрію – палідарна система), стовбуровому (рухові центри довгастого і середнього мозку) і сегментарному (рухова система спинного мозку). На “виході” моторної системи знаходяться рухові нейрони – мотонейрони: ті, які розміщені в передніх рогах сірої речовини спинного мозку посилають свої аксони до м’язів тулуба і кінцівок; ті, які розміщені в ядрах черепномозкових нервів стовбура мозку – до лицевих м’язів. Роль кортикальної пірамідної системи у різних тварин не однакова: руйнування моторної кори у щурів майже не відбивається на рухах; у кішок і собак приводить до рухових порушень, але не виключає можливості рухів (ходьби, бігу; у людини – в результаті пошкодження моторних областей кори чи пірамідного тракту приводить до повного паралічу рухів - кортиколізація рухів. Рухова команда, що передається з кори головного мозку, впливає через більш низькі моторні рівні, тобто, без нормальної діяльності нижче розміщених моторних центрів кіркове моторне керування було б незавершеним. В основі роботи моторних центрів різних рівнів і всієї системи в цілому лежать рефлексорні механізми. Кожний моторний рівень являє собою центр замикання і об’єднання (інтеграції) рухових рефлексів різної степені складності. Нижчі моторні рівні є центрами відносно простих рухових рефлексів, що викликаються чітко визначеними подразниками і здійснюються через постійні рефлексорні шляхи. на вищих рівнях – більш складні міжнейронні зв’язки, що забезпечують різноманіття кінцевих ефектів. Моторні особливості 81 складної рухової поведінки не пов’язані з чіткими зовнішніми подразниками, і тому їх називають довільними рухами (як би залежать тільки від волі суб’єкта). Річ у тому, що рухова програма випрацьовується нервовою системою не тільки у відповідь на отриману інформацію, але і визначається попереднім досвідом, пам’яттю. Рухові рефлексії нижчих рівнів є більш визначеними, стандартними, з повторювальною, відносно одноманітною

руховою реакцією на стандартні подразники. Визначений стандартний характер простих рухових реакцій забезпечується вродженими фіксованими шляхами і способами взаємодії між елементами рефлекторного ланцюга, що замикається на даному рівні. При керуванні рухами вищий моторний рівень здійснює на підлеглий йому нижчий рівень такі керуючі впливи, які викликають перебудову зв'язків і способів взаємодії нейронів цього нижчого рівня (відбувається зміна в характері рефлекторної відповіді нижчого рівня). Створюється не жорстка, а динамічна система рефлекторної взаємодії елементів нижчих моторних рівнів, які змінюються під впливом вищих. Характер перебудови на нижчому рівні задається вищим у відповідності з вимогами майбутнього руху. Так, керівник заводу визначає взаємодію начальників цехів при виконанні ними завдання наданого шляхом наказу; начальники цехів – взаємодію майстрів. При цьому в різних ситуаціях характер взаємодії може бути різним – він визначається задачею, що вирішується: випуск різних видів продукції при різній степені тривалості її виготовлення.

2. В природних умовах керування рухами перед організмом стоїть окрема рухова задача (точно попасти в ціль, розвинути потрібну швидкість). Досягненню цієї цілі перешкоджають численні зовнішні і внутрішні збивчі моменти. Тому в процесі виконання рухів потрібно весь час вносити корекції, направлені на знищення розбіжностей між потрібним кінцевим ефектом і проміжним ефектом, досягнутим в кожний даний момент часу (імпульсація від рецепторів, що безперервно інформує ЦНС про всі зміни у напруженні і довжині м'яза, у суглобових кутах і ін., викликає рефлекторним шляхом відповідні поправки у виконанні рухів) - кільцевий рефлекторний зв'язок: сигналізація від рецепторів, що пов'язана з досягненням проміжного рухового ефекту, викликає реакцію, що приводить до появи нового проміжного ефекту і так до досягнення кінцевого результату. Діяльність всіх систем аналізаторів у керуванні рухами, що забезпечує внесення рефлекторних поправок у ході виконання руху, називається сенсорною корекцією (розкрив радян. фізіолог Н.А.Бернштейн).

3. Керування рухами – погоджена діяльність активності великої кількості м'язів при досягненні окремої задачі. Так, щоб взяти стакан треба мати інформацію про віддалення цього стакану, про вихідне положення руки, потрібно щоб кисть розкрилася на величину відповідну стакану, щоб сила згинання пальців була відповідною (не повзував), плавною (без різкого підйому), орієнтація стакану після захвату весь час була вертикальною. Отже, щоб реалізація руху відповідала руховій задачі, необхідно мати дані про просторові відносини і інформацію про властивості об'єкту маніпулювання. Багато з цих даних не можуть бути отримані за рахунок зворотного зв'язку, а повинні бути розглянуті на етапі планування - сформована рухова програма - заготовлений набір базових команд, готових корегуючи підпрограм, що забезпечують реалізацію руху з урахуванням

поточних аферентних сигналів і інформації, що надходить з інших частин ЦНС.

- Ідея руху формується за участю підкоркових і коркових мотиваційних зон, а замисел руху – в асоціативних зонах кори;
- Формування програми руху - за участю базальних гангліїв і мозочка, що діють на рухову кору через ядра таламуса;
- Реалізація програми – рухова кора і нижчі стовбурові і спинномозкові рухові центри.

Рухова пам'ять має узагальнені класи рухових програм, з числа яких у відповідності з руховою задачею вибирається потрібна. Програма модифікується в залежності від ситуації (однотипні рухи виконуються швидше чи повільніше), реалізується різними шляхами (почерк людини зберігає характерні риси якщо писати правою і лівою рукою, ногою, чи за допомогою зубів). Система керування рухами є багаторівневою – рівень планування рухами і рівень їх виконання не співпадають. Способи реалізації рухової програми:

- розкрита система керування – ЦНС посилає до м'язів попередньо сформовану послідовність команд, що не корегується під час реалізації - швидкі (балістичні) рухи;
- система керування з зворотними зв'язками – хід здійснення руху порівнюється з його планом на основі сигналів від рецепторів, і в реалізованій програмі вносяться корективи (у зв'язку з синаптичною затримкою і повільним проведенням сигналу, корекція руху може запізнюватися);
- керування по мірі збудження – реагування не на відхилення від плану руху, а на саме зовнішнє збудження ще до того, як воно встигло викликати відхилення;
- антиципація - передбачення збуджень, що до їх виникнення, що здійснюється автоматично з дуже короткими центральними затримками (якщо у офіціанта, який тримає піднос з пляшкою на витягнутій руці, зняти цю пляшку, то рука різко підскочить вгору; якщо він сам вільною рукою зніміть пляшку, то рука з підносом залишиться на попередньому рівні).

4. Координація рухів – можливість реалізації руху у відповідності з його замислом. Навіть для найпростішої рухової реакції потрібна погоджена робота як мінімум 2х м'язів агоніста і антиганглії. При цьому багато м'язів діють не на один, а на 2 суглоби, при цьому в одному суглобі одні і ті ж м'язи здійснюють згинання, а в іншому розгинання, можливе, навіть, одночасне збудження м'язів згиначів і розгиначів. В кожному конкретному руховому акті можна виділити : основний м'яз (основний двигун), допоміжні (синергісти), антагоністи і стабілізатори (фіксують не задіяні у русі суглоби). М'язи скорочуються, а також функціонують в режимі розтягнення під навантаженням, при цьому поглинаючи і розсіюючи енергію - режим для головного гальмування і амортизації товчків; для підтримки пози – м'язи працюють практично без зміни своєї довжини. На рухові реакції також впливають сили інерції і сили реакції (рух зміщує різні частини тіла відносно

одна одної і змінює конфігурацію тіла); зміна м'язової сили; гравітація (сила ваги, тертя, інерції, в'язкості предметів з якими взаємодіє людина); перешкоди, які виникають непередбачено виникають у зовнішньому середовищі та виправлення по ходу реалізації програми руху. Проблема зайвої степені свободи рухового апарату (у суглобах 1 задача руху вирішується безліччю варіантами рішень з'єднань) вирішується шляхом одночасної активації м'язів – антагоністів і виникненням взаємозв'язків між різними суглобами, що зменшить кількість складових з якими має справу ЦНС. Такі одночасні рухи в декількох суглобах, направлені на досягнення єдиної цілі називаються синергіями (використовуються у відносно стереотипних рухах, рухах що часто використовуються (локомоції, трудові рухи). Для них характерна окрема ступінь адаптації. Навчання - вироблення рухових навичок - формування нових зв'язків, які лежать в основі програм тих чи інших конкретних рухових актів. На перших порах навчання ЦНС з проблемою надлишку степенів свободи в опорно – руховому апараті, що ускладнюють виконання рухової задачі, справляється шляхом додаткових м'язових напруг. М'язовий апарат жорстко фіксує суглоби, що не приймають участь у русі, і активно гальмує інерцію швидких рухів (енергетично не вигідно і стомлювально), а використання зворотних шляхів ще не ідеальне (потреба повторних корекцій), м'язи – антагоністи активуються одночасно (м'язи в циклічних рухах майже не розслабляються), збуджені багато м'язів, що не мають прямого відношення до даного рухового акту. Все це призводить до напружених рухів, які виглядають неестетично (ковзання вперше на льоду). Навчання (за Н.А. Бернштейном) – структура рухового акту, при якій не м'язові сили становляться складовою частиною програми рухового акту (зайві м'язові напруги знешкоджуються, рухи стають більш стійкими до зовнішнього збудження, періоди активності працюючих м'язів скорочуються, а кількість м'язів, залучених до праці, зменшується. Це приводить до підвищення економичності м'язової діяльності, а рухи стають більш плавними, точними. В процесі навчання зворотні зв'язки використовуються для корекції руху, а також для корекції програм наступного рухів на основі помилок попереднього руху.

5. Класифікація рефлексів проводиться по 2 ознакам: анатомічній і функціональній. За анатомічною, рефлекс визначають за назвою вищого відділу ЦНС, який ним керує: спинальні (сегментовані – у тварин, у яких головний мозок відділений від спинного), стовбурові (перерізка проведена по верхній межі довгастого мозку на межі з середнім мозком), мезенцефалічні (середньо мозкові – спереду середнього мозку), таламічні (спереду проміжного мозку) і кіркові (умовнорефлекторні). За функціональною ознакою враховується сфера діяльності даного рухового рефлексу: суглобові (рефлекси координації м'язів у межах 1го суглобу – рефлекс на розтягнення м'язів), міжсуглобові (рефлекси координації м'язів 2х і більше кінцівок – перехресний рефлекс і ходьба), рефлекси положення (рефлекси координації м'язів голови, тулуба і кінцівок - рефлекси пози). Рефлекс на розтягнення

м'язів – рефлекторне збільшення напруги м'язу у відповідь на його скорочення. Рецепторами рефлексу на розтягнення є м'язові волокна м'язу що розтягується. Аферентні волокна від м'язових веретен одні з найбільш товстіших і найбільш швидкі (100 м/сек.) входять через задні ріжки в сіру речовину спинного мозку і галузяться, утворюючи синапси з мотонейронами. Рефлекторна дуга рефлексу є однією з найбільш простих, бо включає всього 2 нейрони: аферентний (тіло знаходиться в міжхребетному вузлі, периферична частина - дендрит пов'язана з м'язовим веретеном, аксон входить в спинний мозок через задні ріжки) і еферентний = мотонейрон. Цей рефлекс називають ще моносинаптичним, бо є всього 1 синаптичне переключення – з аферентних волокон на мотонейрони. У відповідь на розтягнення м'язу його власні мотонейрони більш збуджуються чим мотонейрони сусідніх м'язів – синергістів, таким чином чим більше розтягнення м'язу, тим більше число збуджених мотонейронів і частота їх імпульсації, тим більша рефлекторна напруга м'язу. Колінний рефлекс: удар по сухожилку призводить до короткочасного розтягнення чотирьохглавого м'язу і збудження його волокон, що призводить до збудження його мотонейронів і скороченню. Рефлекс допомагає підтримувати положення суглобів під визначеним кутом, що не є незмінним, а постійно змінюється, але величина його постійно коливається біля заданих величин - фізіологічний тремор = дрож (чим менша амплітуда фізіологічного тремору, тим точніше утримування пози). Згинальний рефлекс (дотик гарячого, чи укол – згинання кінцівки) - шкірний (бо подразнюються шкірні рецептори) - больовий - захисний рефлекс. Аферентні волокна, що відходять від шкірних рецепторів, закінчуються збуджуючими синапсами на вставних нейронах 2х видів (гальмівні і збуджуючі). Збуджуючі вставні нейрони утворюють збуджуючі синапси на мотонейронах м'язів – згиначів, гальмівні – гальмівні на мотонейронах м'язів – розгиначів. В результаті подразнення шкірних рецепторів приводить до збудження мотонейронів м'язів – згиначів з одночасним реципрокним гальмуванням мотонейронів м'язів – розгиначів. На цих вставних нейронах закінчуються також аферентні волокна від протилежної кінцівки, низхідні волокна від більш високих сегментів спинного мозку, що пов'язують моторні центри м'язів верхніх кінцівок і нижніх кінцівок, а також волокна з верхніх моторних рівнів. Вставні нейрони виконують роль регуляторів (стрілки на залізничному шляху), визначаючи джерела і регулюючи інтенсивність збуджуючих і гальмівних впливів, які надходять до спинальних мотонейронів. Вищі моторні центри можуть відігравати лише роль регулятора, здійснюючи гальмівний чи збуджуючий вплив на вставні нейрони. Наприклад: гальмування збуджуючих вставних нейронів в дузі згинального рефлексу призводить до його пригнічення, і будь – яке подразнення шкіри в цей момент не викликає згинального рефлексу. Найбільш розповсюдженою формою локомоції – активного переміщення у просторі людини є ходьба, що супроводжується згинанням однієї кінцівки і розгинанням іншої.

Фази ходьби:

1) фаза опори (2х кінцівок частково перекриваються у часі, відбувається перенос навантаження з ноги, яка знаходиться позаду в опорі, на ногу яка поставлена на опору спереду) коли нога контактує з опорою;

2) фаза переносу, коли нога знаходиться у повітрі.

В основі рефлексу ходьби - перехресного розгинального рефлексу лежать зв'язки аферентних волокон від шкірних і м'язових рецепторів однієї кінцівки з спинальними вставними нейронами, які збуджуючи впливають на мотонейрони іншої кінцівки. Вищі кіркові моторні рівні не є необхідними для організації координації ходьби. Ця координація забезпечується рефлекторними механізмами сегментарного і стовбурового моторних рівнів. Вищі моторні рівні постійно не контролюють роботу окремих м'язів, які приймають участь у локомоції, вони лише запускають автоматичну систему управління локомоцією і змінюючи інтенсивність збуджуючих впливів на локомоторну область, регулюють швидкість пересування і походку. Біг відрізняється від ходьби тим, що нога, яка знаходиться ззаду, відштовхується від опори раніше. Чим інша нога опускається на неї. В результаті в бігові є безопорний період – період польоту. Рефлекси положення тіла – система рефлекторних реакцій, що забезпечують збереження нормальної пози тіла і її відновлення у випадку порушення. Необхідна участь заднього і середнього мозку, викликаються зміною положення голови у просторі і по відношенню до тулуба (змінюється положення центру тяжіння і виникає загроза порушення рівноваги). Забезпечують перерозподіл у напрузі великої кількості м'язів тулуба і кінцівок, що захищають тіло від падіння і відновлення рівноваги, при її втраті. При підтримці пози, сила скорочення м'язів невелика, режим наближений до ізометричного, а тривалість скорочення значна. В рефлексах приймають участь 2 рецепторні системи – рецептори вестибулярного апарату і рецептори суглобово – сухожилкового шийного відділу хребта (в природних умовах діють сумісно). Імпульсація від них залежить від положення, напрямку і швидкості руху голови в просторі відносно тулуба і не відносно. При поступальному рухові головою приймають участь отолітові рецептори, а при обертальних рухах – рецептори напівколових каналів).

Рефлекси положення підрозділяють на 2 групи: * статичні рефлекси:

1) рефлекси положення - забезпечують збереження механічної рівноваги, приймає участь у виконанні рефлексів задній мозок і шийні рецептори. Типовий приклад пози людини – стояння людини, що досягається активною працею багатьох м'язів тулуба і ніг, при цьому сила, яку вони розвивають невелика. Максимальна напруга при стоянні виникає у м'язах гомілковостопного суглоба, а мінімальна – в м'язах колінного і тазостегнового. Активність більшості м'язів постійна, лише у деяких періодична. М'язи гомілки протидіють відхиленням тіла, повертаючи його у вертикальне положення. Отже, підтримка пози – це активний процес, що здійснюється, як і рух, за участю зворотних зв'язків від рецепторів. Швидкий рух руки може викликати порушення рівноваги, але це звичайно не відбувається, бо довільний рух випереджають зміни в системі регуляції пози,

що наперед розподіляють активність м'язів і тим самим нейтралізують наслідки рухів - "позні" компоненти довільного руху.

2) випрямні рефлекс, що відновлюють нормальне положення тіла після його порушення. Здійснюються за участю середнього мозку.

Окрім вестибулярних і шийних рецепторів, приймають участь також зорові і шкірні рецептори. * статокінетичні рефлекс виникають при переміщенні голови чи всього тіла у просторі:

1) рефлекс, що виникають під час обертальних рухів. Подразнюються рецептори напівколових каналів, перерозподіляється напруга м'язів тулуба і кінцівок, відбувається рух очних яблук у протилежну обертанню сторону (вестибулярні окорухові рефлекс, що дозволяють при різноманітних рухах голови фіксувати зображення на сітківці).

2) рефлекс, що виникають при прямолінійних рухах тіла.

Це рефлекс підйому і спуску (ліфтові рефлекс), а також рефлекс приземлення. При підйомі спостерігається невелике згинання голови, тулуба і помітне згинання в суглобах нижніх кінцівок, а при зупинці – розгинання. При спуску відбувається чергування в зворотному напрямку. Рефлекс приземлення проявляється у безопорній фазі вертикального стрибка, коли кінцівки приймають положення, що забезпечує зустріч з опорою.